

TOWNSEND  
and  
TOWNSEND  
and  
CREW  
LLC

DIALOG® WORLD PATENT INDEX SEARCH FOR  
ENGLISH ABSTRACT OF DE 10039651

AND

ENGLISH ABSTRACT OF JP 2001-183340 ←  
COMPLETED 04/10/02 FOR 19553-003810  
BY BRAD J. LOOS

File 351:Derwent WPI 1963-2001/UD,UM &UP=200222

(c) 2002 Derwent Info Ltd

\*File 351: Please see HELP NEWS 351 for details about U.S. provisional applications.

Set Items Description

?s pn=de 10039651  
S1 1 PN=DE 10039651

?t s1/3,ab/all

1/3,AB/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013898267

WPI Acc No: 2001-382480/ 200141

XRAM Acc No: C01-117308

Serpentine electrophoresis channel designed to overcome dispersive race track effect, has straight sections connected by curves including smaller bends

Patent Assignee: AGILENT TECHNOLOGIES INC (AGIL-N)

Inventor: BRENNAN R A; GORDON G B

Number of Countries: 002 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 10039651	A1	20010613	DE 1039651	A	20000814	200141 B
JP 2001183340	A	20010706	JP 2000357345	A	20001124	200144

Priority Applications (No Type Date): US 99448259 A 19991124

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

DE 10039651 A1 13 B01D-057/02  
JP 2001183340 A 9 G01N-027/447

Abstract (Basic): DE 10039651 A1

Abstract (Basic):

NOVELTY - The electrophoresis channel (AP1) separates components longitudinally. Its straight sections are connected by curves (30) with inner and outer edges and constrictions (42).

DETAILED DESCRIPTION - Preferred features: The minimal width of the channel is between a quarter and three quarters of the upstream and downstream widths. The inner curved wall has a length exceeding that of a reference curve as parallel as possible to the outer curved wall,

**TOWNSEND**  
and  
**TOWNSEND**  
and  
**CREW**  
LLP

**DIALOG® WORLD PATENT INDEX SEARCH FOR**  
**ENGLISH ABSTRACT OF DE 10039651**  
**AND**  
**ENGLISH ABSTRACT OF JP 2001-183340**  
**COMPLETED 04/10/02 FOR 19553-003810**  
**BY BRAD J. LOOS**

extending from the upstream inner end point to the downstream inner end point of the curve. The outer curved wall has a length differing from channel length, the actual difference being the same as the length of the outer curved wall less the length of the inner curved wall. The channel defines a reference difference which is the same as the length of the outer curved wall less the reference length. The actual difference is less than the reference difference. The actual difference is less than half the reference difference. The inner curved wall has at least one bend. It has more bends than the outer curved wall. The inner curved wall has at least two bends in its curvature., the outer curved wall has none. A power supply provides an electric field along the channel.

**USE** - An electrophoresis system for analytical chemistry, with e.g. medicinal, environmental and forensic applications.

**ADVANTAGE** - A long micro-capillary for electrophoretic separation may be designed in serpentine configuration for compactness. The race track effect causes undesirable dispersion of species, since ions of the same type and migration velocity have a greater distance to cover around the outside of a curve, than around the inside of the curve. The new design has specially-shaped curves to minimize or eliminate the race track effect, whilst providing a long serpentine for optimum separation.

**DESCRIPTION OF DRAWING(S)** - A single curve connecting straight sections, and the general appearance of the serpentine, are shown schematically.

electrophoresis channel (AP1)

curves (30)

constrictions (42)

pp; 13 DwgNo 1/7

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-183340

(P2001-183340A)

(43)公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51)Int.Cl.  
G 0 1 N 27/447

識別記号

F I  
G 0 1 N 27/26

テーコード\*(参考)

3 3 1 E

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願2000-357345(P2000-357345)

(22)出願日 平成12年11月24日(2000.11.24)

(31)優先権主張番号 09/448259

(32)優先日 平成11年11月24日(1999.11.24)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク  
AGILENT TECHNOLOGIES,  
INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト  
ページ・ミル・ロード 395

(72)発明者 ゲーリー・ピー・ゴードン

アメリカ合衆国カリフォルニア州95070,  
サルトガ, パンク・ミル・ロード・21112

(74)代理人 100063897

弁理士 吉谷 騰 (外2名)

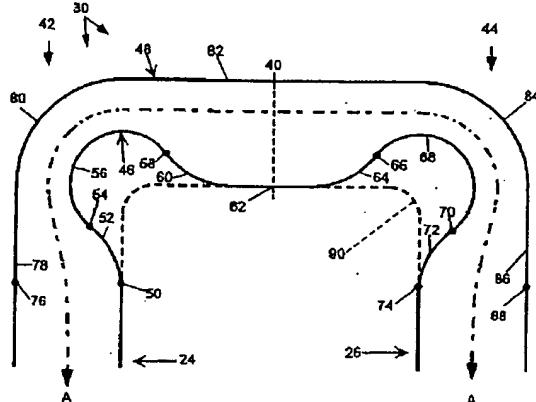
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーストラック効果が低減した蛇行電気泳動チャネル

(57)【要約】

【課題】レーストラック効果を最小限に抑える電気泳動チャネルの提供。

【解決手段】電気泳動システム(AP1)は、平面蛇行の微量分析毛管電気泳動チャネル(10)及び電解を生じさせる電源(12)を含む。チャネルは直線セクション(24, 26)及びそれに接合する180°湾曲部(30, 32)を含む。各湾曲部は内側湾曲壁(46)と外側湾曲壁(48)を有する。内側湾曲壁は4つの曲線の変曲点(54, 58, 66, 70)を含む。各外側壁は2つの四分円の円弧(80, 84)を有し、変曲点はない。このように画定された狭い部分が異なる泳動の「トラック」間の格差を減らし、レーストラック効果が減少する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】上流直線部分(24)、下流直線部分(26)、及び前記上流直線部分から前記下流直線部分に延びる湾曲部分(30)を含み、それに沿って縦方向に試料成分を分離するための電気泳動チャネル(10)であって、前記湾曲部が、上流内側端点(50)から下流内側端点(74)まで延びる内側湾曲壁(46)を有し、前記湾曲部が、上流外側端点(76)から下流外側端点(88)まで延びる外側湾曲壁(48)を有し、前記上流内側端点と前記上流外側端点が、共通の上流縦方向の位置を備えるとともに、上流の幅だけ前記チャネルの横方向に間隔をあけられ、前記下流内側端点と前記下流外側端点が、共通の下流縦方向の位置を備えるとともに、下流の幅だけ前記チャネルの横方向に間隔をあけられ、前記上流内側端点と前記下流内側端点が、前記上流外側端点と前記下流外側端点よりも、互いに近く、前記内側湾曲壁と前記外側湾曲壁が、縦方向の中間位置(42、44)において最小の幅だけ間隔をあけられ、その最小の幅が、前記下流の幅より狭く、かつ前記上流の幅よりも狭い、電気泳動チャネル(10)を含む、電気泳動システム(AP1)。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分析化学に関するものであり、とりわけ、電気泳動システムに関するものである。本発明の主たる目標は、一般に蛇行電気泳動チャネルの悩みの種である「レーストラック効果」に起因する試料成分の分散を軽減することである。

## 【0002】

【従来の技術】医療、環境、法医学、及び他の科学における最近の発展の多くは、分析化学の進歩に関連している。分析化学には、試料の構成成分の分離を必要とすることが多い。電気泳動は、分離チャネルに沿って異なる速度で成分を移動させることによって成分を分離する、多くの技法の1つである。電気泳動の場合、荷電成分が、電界の影響を受けて、チャネルに沿って泳動するが、試料成分の「電気泳動移動度」が異なることによって、移動速度に格差が生じ、成分が分離されることになる。

【0003】最近、とりわけ関心を引くのは、ガラスまたは他の基板にエッチングされた微量分析毛管電気泳動チャネルである。こうしたチャネルは、極めてコンパクトで、低コストなものにすることが可能である。小さい基板(歩留まり及び製造性を高めるため)に比較的長いチャネル(成分分離をより効果的にするために)を設けるため、こうした微量分析電気泳動チャネルが蛇行形状をなすように形成される。

【0004】蛇行形状には、必然的にいくつかの湾曲部が含まれる。一般に、湾曲部の外側壁の近くを移動するイオンは、湾曲部の内側壁の近くを移動するイオンよりも長い距離を移動しなければならない。「レーストラッ

ク効果」という用語は、レーストラックの最内周トラックが、湾曲部の周りで最短距離をもたらすという既知の事実を想起させる。電気泳動の場合、内側トラックと外側トラックとの移動距離の差によって、各湾曲部において試料成分のイオンの望ましくない分散が生じることになる。

【0005】国際特許出願PCT/US98/24202において、Eric S. Nordmanは、直線チャネルセクションの各隣接対間に相補型湾曲部を設けて、第2の湾曲部に関連したレーストラック効果が、もう一方の湾曲部に関するレーストラック効果を妨げるように、ひいては少なくとも部分的に相殺するようにして、この問題に対処している。

【0006】蛇行チャネルに関するNordmanの設計には、いくつかの問題がある。第1に、Nordmanの設計は、あまりコンパクトではない。Nordmanの二重曲線湾曲部は、単純な半円形湾曲部よりも、直線セクションの方向に対して横方向に長く伸びている。従って、Nordmanの直線チャネルセクションは、間隔をより広くあけなければならない。単位面積当たりの間隔が広くなると、直線チャネルセクションが少なくなり、従って、分離経路が短くなる。このように、Nordmanの設計には、分解能が制限される可能性がある。

【0007】さらに、Nordmanの設計では、湾曲部の少なくとも1つについて、断面積の拡大を必要とする。軸勾配が緩くなると、断面積の拡大とは関連しているので、泳動が遅くなる。泳動は遅くなるが、拡散は遅くならない。従って、断面領域が拡大すると、所定の成分分離に関する拡散は増大する。

【0008】さらに、Nordmanの設計では、湾曲部の数が2倍になるので、累積的なレーストラック効果が強くなる可能性がある。一般に、対をなす湾曲部は、互いにこの効果を相殺するが、湾曲部間のチャネル断面内におけるその位置を変化させるわずかな割合のイオンに関して累積的に強める可能性がある。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】レーストラック効果を含む試料成分の分散原因を最小限に抑制し、なおかつ所定の基板領域に関して長い有効チャネル長をもたらすチャネル設計が必要とされている。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、湾曲部の内側壁と外側壁との間における長さの差を短縮して、レーストラック効果を低減させる電気泳動チャネルを提供する。このチャネルには、交互に直線部分と湾曲部分が含まれている。各湾曲部に沿って、湾曲部の壁を互いに近づけて、その長さの格差を減少させる狭い領域が設けられている。さらに、外側湾曲壁に対して内側湾曲壁を長くすることによって、レーストラック効果をさらに低減させることが可能である。内側湾曲壁は、外側湾曲壁に後続する曲線に比べて、例えば、より多くの変曲点を備

えるといった、より複雑な曲線を後続させることによつて、長くすることが可能である。電源によって、チャネルに沿つて縦方向に延びる電界を生じさせることが可能である。

【0011】各湾曲部は、「上流」直線部から「下流」直線部に延びているが、ここで、「上流」と「下流」は、湾曲部、及び試料成分の泳動方向に対して定義されている。湾曲部には、内側湾曲壁及び外側湾曲壁が含まれている。内側湾曲壁は、内側湾曲壁長にわたつて、上流内側端点から下流内側端点まで延びている。同様に、外側湾曲壁は、外側湾曲壁長にわたつて、上流外側端点から下流外側端点まで延びている。

【0012】一般に、上流端点（共通の縦方向位置を共有する）におけるチャネル幅は、下流端点（共通の縦方向位置を共有する）におけるチャネル幅と同じであり、直線部に沿つてはいる。湾曲部の最大チャネル幅は、その端点において得られるのが望ましい。本発明では、チャネル幅が、最小にまで狭くなり（少なくとも1回）、それからもう一度、湾曲部に沿つて拡大することが必要になる。最小幅は、直線部におけるチャネル幅の $1/4$ ～ $3/4$ が望ましい。

【0013】各湾曲部によって、外側湾曲壁に対してできるだけ平行に、上流内側端点から下流内側端点に延びる基準曲線が画定される。この曲線は基準長を備えている。内側湾曲壁長は、基準長よりも長い。換言すれば、外側湾曲壁長と内側湾曲壁長との実格差は、外側湾曲壁長と基準長との「基準」格差よりも少ない。実格差は、基準格差の半分未満が望ましい。

【0014】内側湾曲壁によって描かれる曲線は、外側湾曲壁によって描かれる曲線（従つて、基準曲線）よりも複雑であることが望ましい。この複雑さの相違によつて、内側湾曲壁と外側湾曲壁の長さの格差を所望どおりの少なさにすることが可能になる。一般に、内側湾曲壁には、少なくとも1つの曲線の変曲点が含まれており、より一般的には、外側湾曲壁よりも多くの曲線の変曲点を備えている。1つの局所的最小幅を備えた湾曲部は、内側湾曲壁に2つの曲線の変曲点を備えており、外側湾曲壁には曲線の変曲点が0である。2つの局所的最小幅を備えた湾曲部は、内側湾曲壁に4つの曲線の変曲点を備えることができるが、外側湾曲壁はない。

【0015】好適な実施態様の場合、内側湾曲壁の各変曲点は、レーストラック効果の補償に対応する。変曲点が2つの場合、レーストラック効果の補償は、湾曲部の周りに2回で完了する。変曲点が4つの場合、補償は湾曲部の周りに4回行われる。好適な実施態様の場合、補償は、湾曲部を正味 $45^\circ$ 回転する毎に完了する。従つて、分子には、レーストラック効果に基づく分散を補償する前に、トラックを変更する機会はほとんどない。これは、補償の開始前に、分子が $180^\circ$ の回転を完了するNordmanの設計とは対照的である。

【0016】本発明は、湾曲部におけるチャネル幅を狭めることによってレーストラック効果を低減させる。トラック長の格差は、屈曲した内側湾曲壁を用いることによっていっそう少なくなる。レーストラック効果の低減における電界勾配の役割については、詳細に後述する。湾曲部の最大チャネル幅がその端点に位置する実施態様の場合、過剰な湾曲部の幅に起因するNordmanの分散問題は、回避される。

【0017】これらの要素が、まとめて、蛇行電気泳動チャネルにおけるレーストラック効果を低減または排除することができる。従つて、最も費用効率が高く、コンパクトな電気泳動チャネルによって、直線電気泳動チャネルの分解能を実現することが可能になる。本発明のこれらの、及びその他の特徴と利点については、図面に関連する以下の説明から明らかになる。

## 【0018】

【発明の実施の形態】本発明によれば、微量分析毛管化學領域の電気泳動システムAP1には、平面蛇行電気泳動チャネル10と、電源12が含まれている。蛇行チャネル10は、ガラス基板14のトレンチとしてフォトリソグラフィによって形成される。チャネル10は、チャネル（トレンチ）壁16及び18によって側方に境界を形成している。

【0019】蛇行チャネル10は、概念上、入口セクション20、出口セクション2、試料成分が一方の方向（図1の上方）に泳動する一連の「上昇」直線セクション24、試料成分が逆の方向（図1の下方）に泳動する一連の「下降」直線セクション26、一連の時計廻り湾曲部30（図1の視点から）、及び一連の反時計廻り湾曲部32に分割することが可能である。各時計廻り湾曲部30によって、上流（湾曲部の）の上昇直線部分24が下流の下降直線部分26に接続される。各反時計廻り湾曲部32によって、上流の下降直線部分26が下流の上昇直線部分24に接続される。湾曲部30及び32によって、隣接する直線部分間において泳動方向が $180^\circ$ 変化するので、隣接する直線部分における試料の泳動は逆平行になる。

【0020】試料の流動開始時に、チャネル10に緩衝剤が充填され、分析すべき試料のプラグが、チャネル10の入口端34に挿入され、電源12によって、チャネル10の入口端34と出口端36の間に電界が印加される。この電界によって、試料と緩衝剤が、出口端36に向かってチャネル10に沿つて縦方向に泳動し、そこから流出する。試料と緩衝剤の移動によって空になった容積を満たすため、追加緩衝剤が供給される。試料成分が、その電気泳動移動度に従つて帯をなすように分離し始める。

【0021】1つの試料成分の帯が、図1の詳細図に示すように、時計廻り湾曲部30の1つに沿つた順次位置B01～B21に示されている。全ての湾曲部30及び

32が同形であるため、1つの湾曲部30に関する下記の説明は、反時計廻り湾曲部に関して分かりきった修正を加えれば、チャネル10の他の湾曲部にも当てはまることになる。

【0022】湾曲部30は、図2に示すように、上流（湾曲部30に対して）直線部分24から下流（湾曲部30に対して）直線部分26まで延びている。直線部分24及び26は、同じ一定幅を共有している。湾曲部30は、直線部分24及び26と接合する位置、及び、その中間点40においても、それらと同じ幅である。湾曲部30は、そのコーナ42及び44において狭くなっている、コーナにおけるチャネル幅は、直線部分24及び26におけるチャネル幅の約1/2である。狭くなることによって、コーナにおけるチャネル長の格差が少なくなり、このためレーストラック効果が低減する。しかし、本発明によれば、下記のように、レーストラック効果のさらなる低減、及び有効な除去さえ可能になる。

【0023】図3の深さグラフに示すように、チャネル10の深さは変化しており、湾曲部30において、チャネル深さはチャネル幅と逆に変化する。この相関関係によって、断面積の変化が減少し、電界勾配が緩くなり、湾曲部30のコーナ42及び44における試料の輻輳が回避される。

【0024】湾曲部30は、図2に示すように、内側湾曲壁46と外側湾曲壁48を備えている。図2に示すように、内側湾曲壁46は、チャネル壁16のセクションであり、外側湾曲壁48は、チャネル壁18のセクションである。より一般的には、時計廻り湾曲部30の内側湾曲壁（図1に集合的に示されている）は、チャネル壁16のセクションであり、これらの湾曲部30の外側壁は、チャネル壁18のセクションである。湾曲壁とチャネル壁のこの関係は、反時計廻り湾曲部32の場合には逆になる（すなわち、湾曲部32の内側湾曲壁は、チャネル壁18のセクションであり、湾曲部32の外側湾曲壁は、チャネル壁16のセクションである）。

【0025】内側湾曲壁46には、順番に、図2に最もよく示されているように、上流端点50、45°の反時計廻り曲線セクション52、第1の変曲点54、180°の時計廻り曲線セクション56、第2の変曲点58、45°の反時計廻り曲線セクション60、直線セクション62、45°の反時計廻り曲線セクション64、第3の変曲点66、180°の時計廻り曲線セクション68、第5の変曲点70、45°の反時計廻り曲線セクション72、及び、下流端点74が含まれている。反時計廻りから時計廻りに、あるいは時計廻りから反時計廻りに、全部で、4つの曲線の変曲点54、58、66、及び、70が存在する。（より一般的には、変曲点にかかる曲線は、変曲点に合流することも、あるいは直線セグメントによって分離されることもあり得る。）内側湾曲壁46の変曲特性によって、内側湾曲壁と外側湾曲壁

との間の長さの差が、コーナを狭めることだけで実現されるよりも少なくできる。

【0026】外側湾曲壁48には、上流外側端点76、上流直線セクション78、90°の時計廻り円弧80、中間直線セクション82、第2の90°の時計廻り円弧84、下流直線セクション86、及び、下流外側端点88が含まれている。外側湾曲壁48の全てのセクションが、直線か、または、時計廻りに湾曲しており、湾曲の変曲点は存在しない。

10 【0027】上流端点50及び76は、下流端点74及び88と同様、チャネル10に沿った共通の縦方向位置を備えている。端点50と76の間隔は、端点74と88の間隔と同じであるが、これは、直線部分24及び26に沿ったチャネル幅と同じである。さらに、湾曲部の中間点40のチャネル幅は、直線部分24及び26に沿ったチャネル幅と同じである。

【0028】円弧80及び84は、それぞれ、内側湾曲壁46の180°の曲線56及び68と同じ中心点を備えている。外側壁円弧80及び84の半径は、内側湾曲壁46の180°の曲線56及び68の半径の2倍である。従って、コーナ42及び44に位置する最小チャネル幅は、それぞれ、例えば、端点50と76の間、及び、端点74と88の間の最大チャネル幅の1/2である。

【0029】内側湾曲壁の変曲点の効果は、内側湾曲壁46と基準曲線90を比較することによって理解することができる。基準曲線90は、内側湾曲壁46と同じ端点50及び74を備えているが、外側湾曲壁48とできるだけ平行に延びている。「できるだけ平行」というのは、内側湾曲壁及び外側湾曲壁の上流端50、76の間隔が、それらの下流端74、88の間隔に等しい場合の、平行を意味している。端点の間隔が等しくなければ、真の平行は不可能である。こうした場合、「できるだけ平行」は、内側湾曲壁と外側湾曲壁の対応する点間の距離が、壁に沿った縦方向位置に対して単調に、好適には線形に変化することを意味している。説明のため、図2において、曲線90のコーナにおける丸みづけは誇張されている。

【0030】内側湾曲壁46の長さが、基準曲線90の長さよりかなり長い点に留意されたい。従って、内側湾曲壁46の長さは、基準曲線90の長さよりも、はるかに外側湾曲壁48の長さに近くなる。この場合、外側湾曲壁48の長さと内側湾曲壁46の長さの差は、湾曲部30の「実」格差であり、外側湾曲壁48の長さと基準曲線90の長さの差は、湾曲部30の「基準」格差である。湾曲部30に関する実格差は、基準格差の1/2未満である。従って、本発明では、湾曲部においてチャネル壁を互いに近づけることによってレーストラック効果を低減させるだけではなく、内側湾曲壁を屈曲させることで、湾曲壁の長さの実格差をさらに少くすることに

40 45 50

よってもレーストラック効果を低減させる。

【0031】内側湾曲壁46は、外側湾曲壁48より多くの曲線の変曲点を備えている。いわば、内側湾曲壁46は、外側湾曲壁48より複雑である。曲線の複雑さのもう1つの尺度は、曲線が対する角度の絶対値の和である。内側湾曲壁46の場合、この値は360°であり、外側湾曲壁48の場合、この値は180°である。より大きい合計値は、より複雑な曲線に関連する。内側湾曲壁46と外側湾曲壁48とのこの複雑さの相違によって、湾曲壁の長さを任意に近づけることが可能になり、従って、レーストラック効果を有効に排除することが可能になる。

【0032】電気泳動システムの場合、レーストラック効果は、電界の幾何学形状にはほぼ直接関連しており、電界の幾何学形状に影響を及ぼす限りにおいて、チャネルの幾何学形状だけに関連している。図4には、湾曲部30の電界特性が示されている。図4において、電界線92が、湾曲部30に沿って縦方向に延びており、等電位線94が、電界線に直交するように延びている。直線部分24及び26内において、電界線92は、等間隔で、まっすぐに、直線部分24及び26の縦軸に対して平行であり、また等電位線94は、直線部分24及び26に沿って等間隔をなしている。適合する図形規則に従って、電界線92及び等電位線94は、チャネルをほぼ可能な限り正方形に分割している。直線部分内において、正方形は、精密であるが、湾曲部内では、必然的にゆがむことになる。

【0033】上流のコーナ42では（下流のコーナ44についても同様に）、チャネルを狭めることによって、電界線92が互いに接近させられる。電界線92及び等電位線94は、正方形（可能な限りほぼ正方形）を形成することになるので、等電位線94は、必然的に、直線部分24及び26内におけるよりも、コーナ42内において接近することになる。コーナ42における等電位線94は、半径方向に延びるので、等電位線94は、外側湾曲壁48よりも、内側湾曲壁46に近いほうが、互いに一層接近する。やはり、コーナ42に正方形が形成されよう、電界線92も、外側湾曲壁48よりも内側湾曲壁46に近いほうが、互いに一層接近する必要がある。従って、図4において、電界線92は、内側湾曲壁46に向かってシフトしているように見える。

【0034】コーナ42と44の間における湾曲部30の中間セクションにおいて、壁46及び48は、図4に示すように、コーナ42及び44のいずれにおけるよりも離れている。従って、電界線92は、より離れており、チャネル10に対してより中心に寄っている。付随して、等電位線94は、さらに間隔が離れている。この中間セクションにおいて、等電位線94が、外側湾曲壁48の近くよりも、内側湾曲壁46の近くでより離れている点に留意されたい。この関係は、コーナ42及び4

4における等電位線の間隔の関係と逆である。

【0035】図5には、分離プロセス中の図4に描かれた電界特性の影響が示されているが、これは、基本的に図1の詳細図に図4を重ねたものである。帶位置B01～B21によって、試料成分の帶が湾曲部30に広がる際の、その推移が示されている。帶位置B01は、上流直線部分24にあり、試料成分の帶は、直線部分24全域にわたり、さらに帶位置B01まで、チャネル方向に對して最適な直交関係を保持している。

【0036】帶位置B02は、内側湾曲壁46の45°の反時計廻り方向円弧52から、外側湾曲壁48の直線セクション78まで延びている。（壁セクションは、図2に示されており、帶位置は、図5に示されている。）帶位置B02は、湾曲部30の始端にあり、従って、帶位置B01の方向をほぼ保っている。ただし、帶位置B02は、後述するように、不均一な電界のために、チャネル方向に対する直交線に対して時計廻り方向にわずかに傾斜している。

【0037】内側湾曲壁46の時計廻り方向の45°の弧状セクション52は、外側湾曲壁48のある長さの直線セクション78と同じ空間に広がっている。従って、その長さの湾曲セクション52の上における内側湾曲壁46の対応する点は、外側湾曲壁48におけるそれに対応する点よりも互いに離れている。従って、帶位置B02と交差する等電位線は、内側湾曲壁46の近くに比べ、外側湾曲壁48の近くにおいて互いにより接近する。

【0038】等電位線間の距離は、電界勾配と逆の相関関係をなす。帶位置B02の場合、電界勾配は、内側湾曲壁46に近い内側トラック98よりも、外側湾曲壁48に近い外側トラック96においてより強くなる。従って、外側トラックにおける帶位置B02の分子は、同じ帶位置ではあるが、内側トラックの分子に比べて速く泳動する。これが、帶位置B02を時計廻り方向にわずかに「傾斜」させている理由であり、外側部分が内側部分をリードすることになる。

【0039】帶位置B02、B03、及び、B04に関して例示のように、帶が、反時計廻り円弧52の始端から変曲点54まで進むにつれて、時計廻り傾斜はきつくなる。帶位置B04は、変曲点54から（図2）、従って、内側湾曲壁46の時計廻り弧状セクション56の始端から、外側湾曲壁48の時計廻り弧状セクション80の始端まで延びている。帶位置B04において、時計廻りの傾斜は中断する。後述のように、累積された時計廻り傾斜は、事前補償傾斜である。

【0040】弧状セクション56は、弧状セクション80よりも曲率半径が小さい（1/2）。従って、内側トラックの電界勾配は、外側トラックの電界勾配よりも急になる。従って、帶は、これらの弧状セクション56及び80に沿って進むにつれて、チャネル方向に對して反

時計廻り方向に傾斜することになる。従って、試料の帶は、帶位置B04～B08にわたって反時計廻り方向に傾斜する。しかし、チャネル10は、帶位置B04～B08において時計廻り方向に曲がるので、位置B04～B08における帶の絶対配向はほぼ維持される。

【0041】とりわけ、弧状セクション56及び80に沿った中間の帶位置B06において、試料成分の帶は、チャネル10に対して直交し、直線部分24に対して45°の配向をなす。従って、コーナ42の中ほどで、帶位置B04で得られた事前補償傾斜を使い果たすことになる。反時計廻りの傾斜は、続行し、帶B07及びB08の正味の傾斜は、チャネル方向に対する直交線に対して反時計廻りに漸増する。

【0042】帶位置B08が、外側湾曲壁の直線セクション82の始端から、内側湾曲壁46の反時計廻り弧状セクション60の始端である内側湾曲壁の変曲点58まで延びている。帶位置B08～B10において、電界勾配は、外側トラック近くの方が強くなる。従って、もう一度、時計廻りの傾斜が生じる。この時計廻り傾斜によって、帶位置B06～帶位置B08間に累積された正味の反時計廻り傾斜が補償されるので、帶位置B11は、チャネル10に対して最適に直交する配向になる。

【0043】中間点40とコーナ42及び44に関して湾曲部30が対称であるため、帶位置B11～B21の推移は、帶位置B01～B11の推移を繰り返す。帶位置B11から帶位置B14までの間に、事前補償が行われる。この事前補償は、帶位置B14から中間コーナの帶位置B16までの間に使いつくされる。帶位置B16から帶位置B18までの間に、過剰傾斜が生じ、これが、帶位置B18から帶位置B21までの間に事後補償される。正味の結果として、帶位置B21が、下流直線部分26の始端においてチャネル10に対して直交する適正な配向をなすことになる。概して、湾曲部30によって、試料の帶が180°回転するが、レーストラック効果により導入される分散はせいぜいごくわずかである。

【0044】図6には、本発明による第2の電気泳動システムAP2が示されている。それは、原則的にはシステムAP1と似ているが、そのチャネル610に沿ってより多くの直線部分624、626が、ひいてはより多くの湾曲部630、632が存在する。直線部分の数が増すことによって、24ミリメートル(mm)×13mの基板612上において41センチメートル(cm)のチャネル長を得ることが可能になる。基板サイズが小さいので、製造コストの低下が可能になり、その一方で、チャネル長が比較的長いので、成分分離がより有効になる。さらに、チャネル端634及び636がより大きく離され、極めて異なる(例えば、3,000ボルト)電位の電極が近接することによって生じる可能性のあるアーカ及び他の効果に対して一層よく保護される。

【0045】製造を楽にするため、チャネル10の深さは、一定に保たれる。図1及び図5に詳細に示された帶の幅の変化は、図6のこの一定の深さの実施態様に対応する。深さが変化する実施態様AP1の場合、帶の幅が一定のままである。

【0046】図7には、チャネル湾曲部730に関する本発明による代替の幾何学形状が示されている。この場合、180°の湾曲部に関して4つの45°のコーナ(2つの90°のコーナではなく)が存在する。この湾曲部の幾何学形状の利点は、最大チャネル狭窄部を縮小することが可能になり、最大電界を弱めて、コーナにおける流量制限を緩和することが可能になるという点である。内側湾曲壁746及び外側湾曲壁748との比較のため、基準曲線780が示されている。

【0047】他の実施態様の場合、湾曲部に異なる数のコーナが存在する。少なくとも、湾曲部に1つだけは狭窄部を設けることが可能である。最も単純な場合、内側壁を屈曲させずに、狭窄部を形成することができる。しかし、単一の狭窄部を有するより望ましい実施態様の場合、内側壁と外側壁の長さの実格差を減らすため、内側壁が曲げられる。

【0048】本発明の以上の実施態様によれば、湾曲部の狭い部分に近い強電界領域において過熱の問題が生じることになる。しかし、狭い部分は短く(縦方向において)、試料成分は移動しているので、加熱に利用し得る時間は制限される。狭い部分で生じる熱は、隣接する深い領域において放散させることができる。

【0049】例示の実施態様の場合、湾曲部のコーナ間において、チャネルが広くなっている。代替の実施態様の場合、湾曲部のコーナ間において、直線部分を特徴とする最大チャネル幅は得られない。例えば、チャネルは、コーナ間においてその最小幅を保つことが可能である。例示の実施態様の場合、最大幅は、70ミクロンであり、最小幅は35ミクロンである。しかし、本発明は、任意のチャネル幅を提供し、その最大実用範囲は、10ミクロン～250ミクロンである。

【0050】図1～図6のチャネル10の場合と同様、いくつかの変曲点を設けることが可能である。しかし、本発明は、変曲セグメントによって分離されるべき逆の向きの曲線も提供する。また、例示の実施態様の場合、曲線は、製造を楽にするため円弧である。他の実施態様によれば、弧状セクションに沿った曲率半径を変えることによって多少の改善を施すことも可能である。例えば、曲率半径の変化が、変曲点において飛び越しながらではなく、連続的に変動するように、半径を変えることが可能である。

【0051】システムAP1及びAP2の比較によって明らかのように、チャネルの深さは、一定にすることも、あるいは変化させることも可能である。チャネルは、ポリイミドまたは他の誘電体材料のような、さまざ

まなタイプの基板に形成することが可能である。本発明は、湾曲部に狭い部分を形成するために変形させられる管状チャネルにも適用される。既述の実施態様に対する以上の及びその他の変更及び修正については、本発明によって規定されており、その範囲は、特許請求の範囲によって定義されている。

【0052】以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

1. 上流直線部分(24)、下流直線部分(26)、及び前記上流直線部分から前記下流直線部分に延びる湾曲部分(30)を含み、それに沿って縦方向に試料成分を分離するための電気泳動チャネル(10)であって、前記湾曲部が、上流内側端点(50)から下流内側端点(74)まで延びる内側湾曲壁(46)を有し、前記湾曲部が、上流外側端点(76)から下流外側端点(88)まで延びる外側湾曲壁(48)を有し、前記上流内側端点と前記上流外側端点が、共通の上流縦方向の位置を備えるとともに、上流の幅だけ前記チャネルの横方向に間隔をあけられ、前記下流内側端点と前記下流外側端点が、共通の下流縦方向の位置を備えるとともに、下流の幅だけ前記チャネルの横方向に間隔をあけられ、前記上流内側端点と前記下流内側端点が、前記上流外側端点と前記下流外側端点よりも、互いに近く、前記内側湾曲壁と前記外側湾曲壁が、縦方向の中間位置(42、44)において最小の幅だけ間隔をあけられ、その最小の幅が、前記下流の幅より狭く、かつ前記上流の幅よりも狭い、電気泳動チャネル(10)を含む、電気泳動システム(AP1)。

2. 前記最小の幅が、前記下流の幅及び前記上流の幅の $1/4 \sim 3/4$ である、上記1に記載の電気泳動システム。

3. 前記内側湾曲壁が、前記外側湾曲壁に対してできるだけ平行に、前記上流内側端点から前記下流内側端点まで延びる曲線(90)の基準長より長い内側湾曲壁長を有する、上記1及び2に記載の電気泳動システム。

4. 前記外側湾曲壁が外側湾曲壁長を有し、前記チャネルは、前記外側湾曲壁長が前記内側湾曲壁長より短いという実格差があり、前記チャネルによって、前記外側湾曲壁長が前記基準長より短いという基準格差が形成され、前記実格差が前記基準格差より小さい、上記3に記載の電気泳動システム。

5. 前記実格差が、前記基準格差の半分未満である、上記4に記載の電気泳動システム。

6. 前記内側湾曲壁が、少なくとも1つの曲線の変曲点(54、58、66、70)を有する、上記1～5に記載の電気泳動システム。

7. 前記内側湾曲壁が、前記外側湾曲壁より多くの曲線

の変曲点を有する、上記6に記載の電気泳動システム。

8. 前記内側湾曲壁が、少なくとも2つの曲線の変曲点を有し、前記外側湾曲壁に曲線の変曲点がない、上記7に記載の電気泳動システム。

9. 前記チャネルに沿って縦方向に延びる電界を生じさせるための電源(12)をさらに含む、上記1～8に記載の電気泳動システム。

【0053】

【発明の効果】本発明により、レーストラック効果を含む試料成分の分散原因を最小限に抑えつつ、所定の基板領域に関して長い有効チャネル長をもたらす電気泳動チャネルが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】チャネル湾曲部の詳細図を含む、本発明による蛇行電気泳動チャネルを備えた電気泳動システムの概略図である。

【図2】幾何学的特徴を示す図1のチャネルの湾曲部に関する概略図である。

【図3】図2のラインA-Aに沿って描かれた概略の深さのグラフである。

【図4】電界線と等電位線を重ね合わせた、図2の湾曲部の概略図である。

【図5】図4に描いたのと同様の、ただし帯位置を重ね合わせた、湾曲部の概略図である。

【図6】試料成分の分離を強化する第2のチャネルの概略図である。

【図7】本発明による第2の湾曲部の幾何学形状に関する概略図である。

【符号の説明】

30 AP1 電気泳動システム

10 電気泳動チャネル

12 電源

24 上流直線部分

26 下流直線部分

30 湾曲部分

42 上流コーナ

44 下流コーナ

46 内側湾曲壁

48 外側湾曲壁

50 上流内側端点

54、58、66、70 変曲点

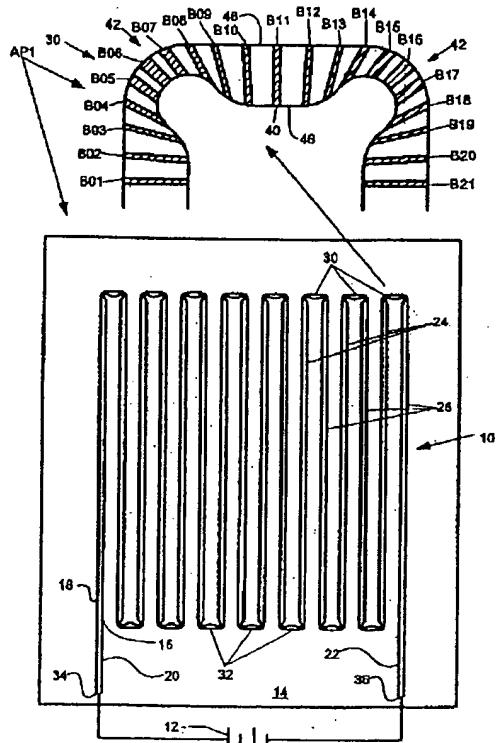
74 下流内側端点

76 上流外側端点

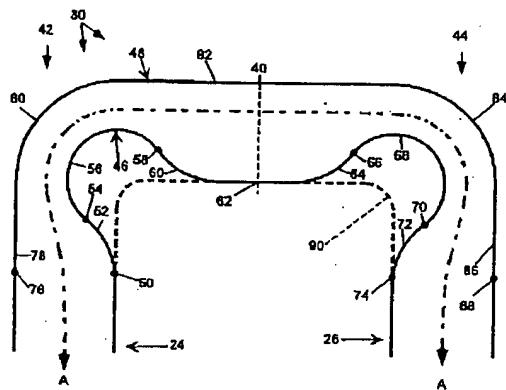
88 下流外側端点

90 基準曲線

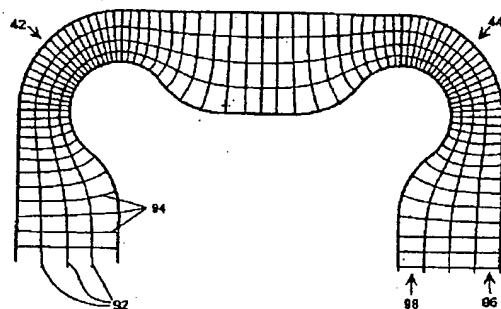
【図1】



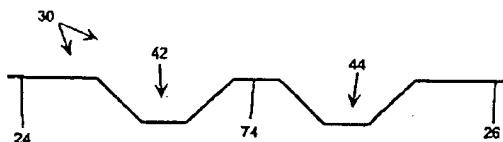
【図2】



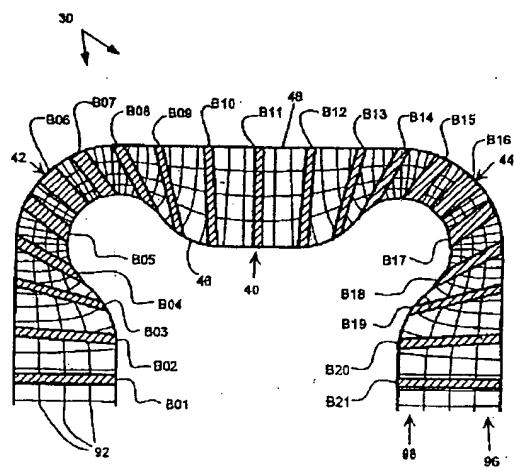
【図4】



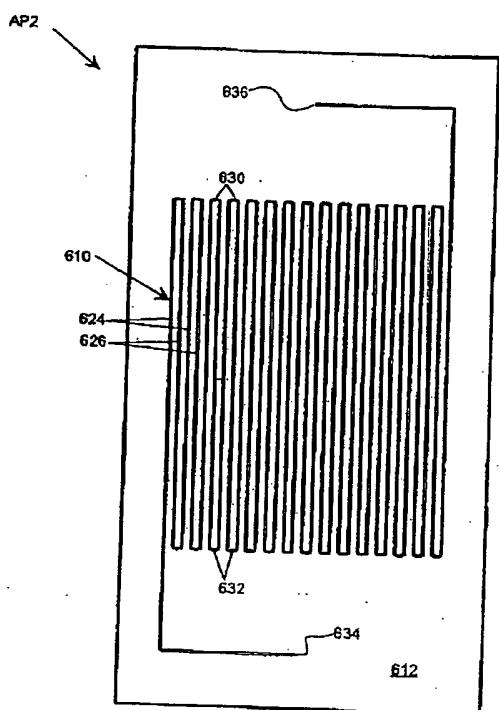
【図3】



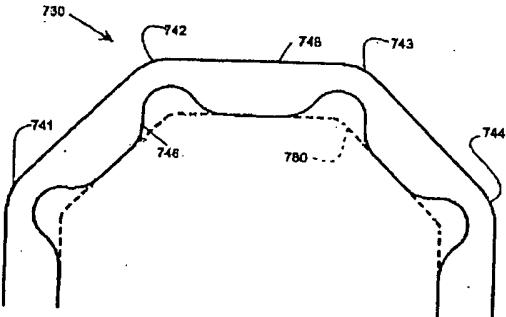
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(71)出願人 399117121  
395 Page Mill Road P  
alo Alto, California  
U. S. A.

(72)発明者 リード・エイ・ブレネン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94115,  
サンフランシスコ, カリフォルニア・スト  
リート・ナンバー6・2964